

Applications du logiciel SARRA à l'étude de risques climatiques

L'ensemble des logiciels « SARRA »

SARRA (Système d'analyse régionale des risques agroclimatiques) est un ensemble de logiciels développé dans le but de mieux répondre aux attentes des utilisateurs non-spécialistes de l'agroclimatologie et de l'informatique. L'originalité de la démarche mise en œuvre par le Cirad est de calculer des indicateurs hydriques (Etr/Etm, drainage, ruissellement...) à l'aide d'un modèle de bilan hydrique simple et validé. Les paramètres se rapportent aux facteurs biophysiques de la valorisation du régime pluviométrique par le système de culture. Leur choix représente un compromis entre une sim-

plicité extrême, qui conduirait à des estimations erronées des phénomènes, et une trop grande complexité, qui conduirait à la difficulté de réunir les jeux de données nécessaires aux simulations, avec comme palliatif trop fréquent de prendre des valeurs moyennes nivelant la diversité des situations.

Récemment amélioré pour sa convivialité et sa fiabilité, SARRA est constitué de trois logiciels : SARRA-MET, SARRABIL et SARRAZON. Ceux-ci permettent la gestion et l'analyse des données climatiques selon des critères tels que l'analyse fréquentielle des pluies, de la température maximale ou de la vitesse du vent. A l'échelle de la parcelle, les principales utilisations du modèle de bilan hydrique concernent le

C. BARON

Cirad-amis, avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5, France
christian.baron@cirad.fr

F.-N. REYNIERS

Cirad-tera,
Campus international de Baillarguet,
34398 Montpellier Cedex 5, France

A. CLOPES

Cirad-amis, maison de la télédétection,
500 rue Jean-François Breton
34093 Montpellier Cedex 1, France

F. FOREST

Cirad-ca, avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5, France

Historique de la création du logiciel SARRA

Le logiciel SARRA est l'aboutissement d'une longue histoire, liée au développement, depuis les années 1970, de l'agroclimatologie au sein du Cirad. FRANQUIN (1971) jetait les bases de l'analyse fréquentielle des précipitations. FRANQUIN et FOREST (1978) développaient un modèle de bilan hydrique dont les sorties pouvaient être reprises en termes fréquentiels. Enfin, sous l'impulsion de FOREST, plusieurs chercheurs du Cirad ont repris ces modèles et ces méthodes et les ont enrichis sur le plan théorique et ergonomique. Parmi eux, il faut citer J.-C. LEGOUPI, F.-N. REYNIERS, J. IMBERNON, J.-P. FRETEAUD, B. LIDON, S. SABADIE. Au cours des années 1987 à 1992, des outils nouveaux ont été créés : logiciel BIPODE avec ICI-SOPRA (M. VAKSMANN), logiciel DHC avec AGRHYMET (C. BARON). Enfin C. BARON et A. CLOPES développent la première version du logiciel SARRA (projet CEE DGXII



diagnostic agronomique ou de scénarios d'irrigation. A l'échelle régionale, des zonages des potentialités agricoles, des études d'optimisation des dates de semis et des programmes de prévision de rendement ont été réalisés dans de nombreux pays (STEINMETZ et FOREST, 1986 ; REYNIERS *et al.*, 1999).

SARRA a été largement diffusé et a servi à des travaux de recherche et de développement en zone tropicale, aussi bien en Afrique (AFFHOLDER, 1997 ; REYNIERS et NETOYO 1994), en Amérique latine (STEINMETZ *et al.*, 1988 ; CARLOS DA SILVA *et al.*, 1994), en Asie (MULLER *et al.*, 1998) ou encore en Europe. Quatre versions sont disponibles : français, anglais, portugais et indonésien. Pour la mise en œuvre de SARRA, une notice accompagne

chaque logiciel (BARON *et al.*, 1996).

Les points forts de cet ensemble de logiciels d'analyse des risques climatiques et hydriques se résument ainsi :

- la complémentarité entre les modules depuis la gestion et l'analyse des données climatologiques jusqu'au bilan hydrique, depuis le diagnostic ponctuel jusqu'à l'analyse régionale ;
- une interface conviviale et commune orientée vers l'analyse comparative des variables en sorties, notamment graphiques, permettant de confronter les résultats entre les années, entre les sites ou les pratiques culturales ;
- l'analyse des risques climatiques par le biais de l'analyse fréquentielle des résultats de traitements de don-

nées journalières sur de longues séries d'années.

Simple, robuste et didactique, l'ensemble permet à l'utilisateur d'intégrer rapidement et efficacement les fondements du modèle et d'effectuer des analyses comparatives.

Les applications

Les applications les plus courantes concernent l'analyse globale du climat, le climat et la plante, les bilans hydriques et les scénarios d'irrigation.

SARRAMET pour l'analyse globale du climat et la gestion des données

SARRAMET permet d'effectuer une analyse globale du climat et de gérer des données : notamment la mise en évidence d'anomalies, de spécificités climatiques et des analyses comparatives.

La mise en évidence d'anomalies : celles-ci peuvent être dues à des problèmes de mesures ou à la saisie des données. Les analyses pluri-

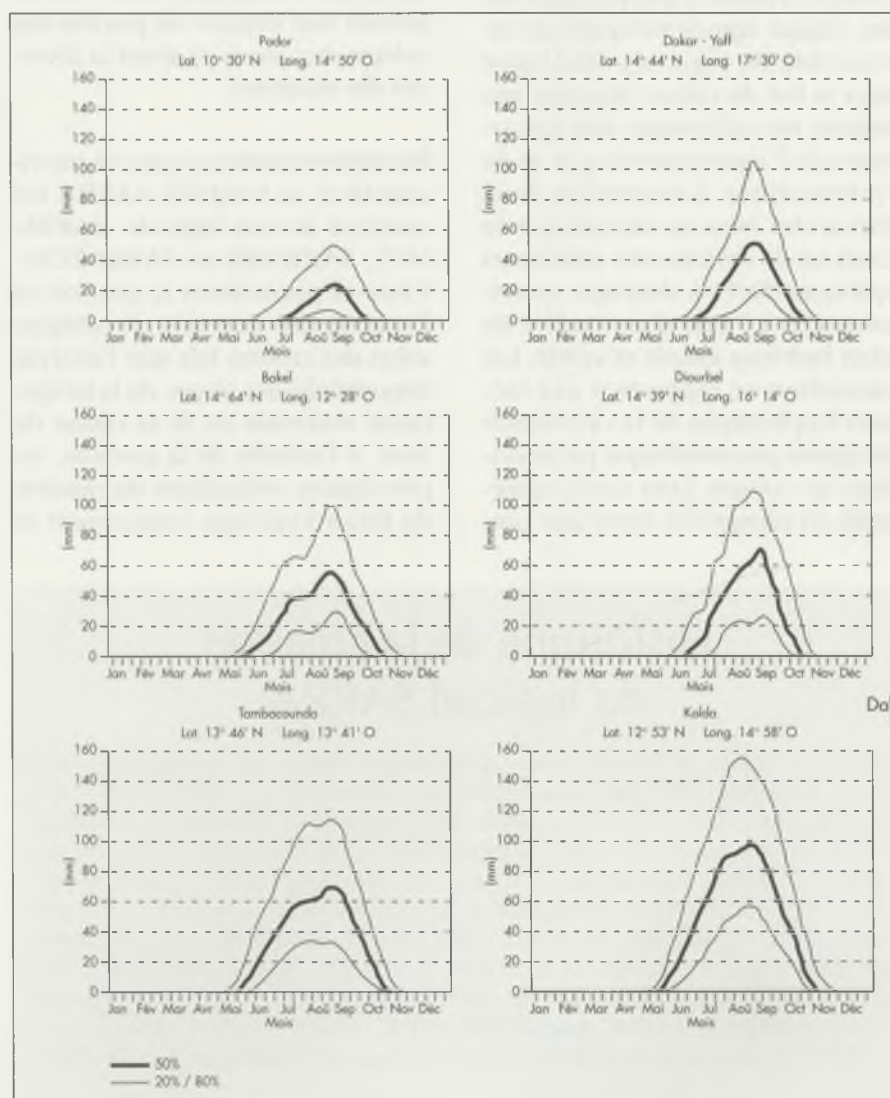


Figure 1. Analyse fréquentielle des pluies au Sénégal (cumul décadaire) pour 2, 5 et 8 années sur 10 de 1950 à 1994, pour 6 localisations (Bakel, Dakar, Diourbel, Kolda, Podor, Tambacounda).



annuelles, minima, maxima, et l'affichage graphique permettent un contrôle rapide.

Spécificités climatiques et analyses comparatives : la comparaison des sites climatiques permet d'appréhender les phénomènes macroclimatiques (figure 1) ; il est possible de comparer des sous-ensembles de séries annuelles pour évaluer de grandes tendances (figure 2).

Enfin, le module de gestion des données offre une série d'options d'importation de données historiques archivées sur support informatique.

SARRAMET pour étudier le climat et la plante

Les analyses climatiques courantes se rapportent traditionnellement à des moyennes mensuelles, qui au regard des problématiques de la plante sont insuffisantes. L'outil d'analyse climatique, SARRAMET, fournit la capacité d'ajuster les pas de temps de calcul aux différents pas de temps rythmant la vie de la plante (de la pentade au mois, de la saison des pluies à la saison de culture, ou selon la phénologie de la plante). On peut ainsi optimiser des dates de plantation ou de semis, en relation avec les contraintes climatiques, la longueur de cycle ou encore analyser l'occurrence de périodes, favorables ou non, rapportées à une pha-

se de développement de la plante (par exemple des jours consécutifs sans pluies).

SARRABIL pour les bilans hydriques et les scénarios d'irrigation

L'outil SARRABIL fonctionne en mode de calcul journalier. Ce modèle de bilan hydrique, dérivé des travaux de FRANQUIN et FOREST (1977), est caractérisé par :

- un réservoir sol unique dont le volume est modulé par l'avancée du front racinaire ;
- la non-séparation des phénomènes d'évaporation du sol et de transpiration de la culture ;
- la présence d'un réservoir de surface fictif pour simuler l'évaporation du sol nu ;
- la prise en compte du ruissellement par la méthode du seuil ou la méthode Ird (CASENAVE et VALENTIN, 1989).

Le calcul de l'évapotranspiration réelle de la culture utilise la relation d'Eagelman (1971).

Les résultats des analyses proposées, annuelles ou historiques, ne font pas référence aux dates calendaires mais au nombre de jours avant ou après semis. Ainsi, il est possible de comparer des situations tant du point de vue des dates de semis que des longueurs de cycle. Effectuées sur différents pas de temps (la journée,

les phases du cycle, le cycle complet), ces analyses permettent d'obtenir les valeurs moyennes, minimales ou maximales des variables du bilan. L'analyse fréquentielle fournit les valeurs des termes du bilan pour une probabilité d'occurrence choisie.

Par la simulation d'indicateurs de satisfaction des besoins, SARRABIL fournit un outil de comparaison de l'effet des itinéraires techniques sur la valorisation des pluies et, sur le rendement potentiel et espéré, si l'on dispose d'une fonction de production. La valeur de ces indicateurs révèle l'efficacité des techniques et des variétés selon les variations :

- de la réserve en eau utile du sol ou l'état de surface du sol ;
- des caractéristiques du régime pluviométrique, permettant ainsi le calage des dates de semis ou de plantation et l'étude de scénarios d'irrigation.

SARRAZON pour le zonage régional

Bien entendu cette démarche peut se généraliser à différents sites climatiques, ce qui a conduit à développer le logiciel SARRAZON pour le zonage régional des termes du bilan hydrique.

Bibliographie

AFFHOLDER F., 1997. Empirically modelling the interaction between intensification and climatic risk in semiarid regions. *Field Crops Research* 52, 1/2 : 79-93.

BARON C., CLOPES A., PEREZ P., MULLER B.L., MARAUX F., 1996. Manuels d'utilisation de : SARRAMET, 45 p., SARRABIL, 35 p. et SARRAZON 29 p., Cirad.

CARLOS DA SILVA S., ASSAD E LOBAT J., STEINMETZ S., 1994. Zoneamento Agroclimático para o arroz de sequeiro no estado de Goiás 17 p. et 53 cartes. Ed. Embrapa, Brésil.

CASENAVE A., VALENTIN C., 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Orstom éditions, collection Didactiques, Paris, France, 226 p.

EAGLEMAN J., 1971. An experimental derived model for actual evapotranspiration. *Agric. Meteorol.* 8 : 385-394.

FRANQUIN P., FOREST F., 1977. Des programmes pour l'évaluation et l'analyse

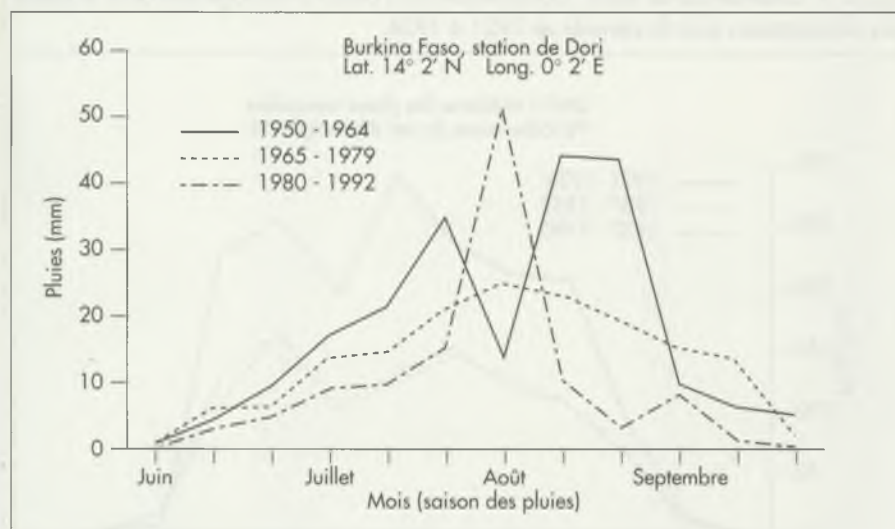


Figure 2. Incidence des séries retenues pour l'analyse fréquentielle. Exemple de la station de Dori au Burkina Faso (1950-1964, 1965-1979, 1980-1992).



fréquentielle des termes du bilan hydrique. *L'Agron. Trop.* 32 (1) : 7-11.

MULLER B., LIDON B., MARAUX F., 1998. Etude pragmatique et synthétique d'un projet. *In* Traité d'irrigation, J.-R. TIERCELIN coordonnateur, Lavoisier éditeur, France, p. 232-249.

REYNIERS F.-N., NETOYO L., 1994. Bilan hydrique et sécheresse en Afrique tropicale. Vers une gestion des flux hydriques par le

système de cultures. John Libbey Eurotext, Paris, France, 415 p.

REYNIERS F.-N., WANEUKEM V., VAKSMANN M., KOURESSY M., 1999. Effet de la latitude sur le ratio grain/paille des écotypes de mil au Mali : conséquences pour la sélection. *In* L. Bacci et F.-N. Reyniers (éditeurs) *Le futur des céréales photopériodiques pour une production durable en Afrique tropicale semi-aride*. p. 79-93. Cirad, Montpellier, France.

STEINMETZ S., FOREST F., 1986. Caracterização das épocas de plantio mais apropriadas para o arroz de sequeiro do Estado de Goiás. Circular técnica, 22 Embrapa-Cnpaf Goiânia, Brésil.

STEINMETZ S., REYNIERS F.-N., FOREST F., 1988. Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil, vol I Metodologia 50 p., vol. II Catálogo Básico de Dados 278 p. Ed. Embrapa Brasília, Brésil.

Etude de cas 1

L'analyse fréquentielle de la pluviométrie et des besoins en eau de la canne sur le périmètre sucrier de Savé, Bénin

Afin de relancer la production du périmètre sucrier de Savé (2 000 ha à la fin des années 1980), il a fallu apprécier les conditions de production, notamment la pluviométrie et les besoins en eau.

Caractérisation des pluies

Les relevés pluviométriques quotidiens du poste météorologique de Savé couvrent la période de 1921 à 1990, soit 69 années, mais le recours au test d'homogénéité a mis en évidence une anomalie pour la période de 1921 à 1936. L'analyse fréquentielle des pluies sur deux périodes d'égale durée 1921-1936 et 1937-1952 a confirmé les résultats du test et en conséquence seule la période

1937-1990 a été retenue pour les calculs (figure 3). La répartition annuelle des pluies apparaît monomodale avec cependant un léger creux pendant les mois de juillet et août.

L'analyse fréquentielle établie sur une base décadaire montre la grande variabilité des pluies (figure 4). La hauteur d'eau annuelle s'établit à 889 mm pour l'année quinquennale sèche (fréquence de dépassement : 80 %), à 1 107 mm pour l'année médiane (fréquence de dépassement : 50 %) et à 1 243 mm pour l'année quinquennale humide (fréquence de dépassement : 20 %).

Calage de la période de récolte

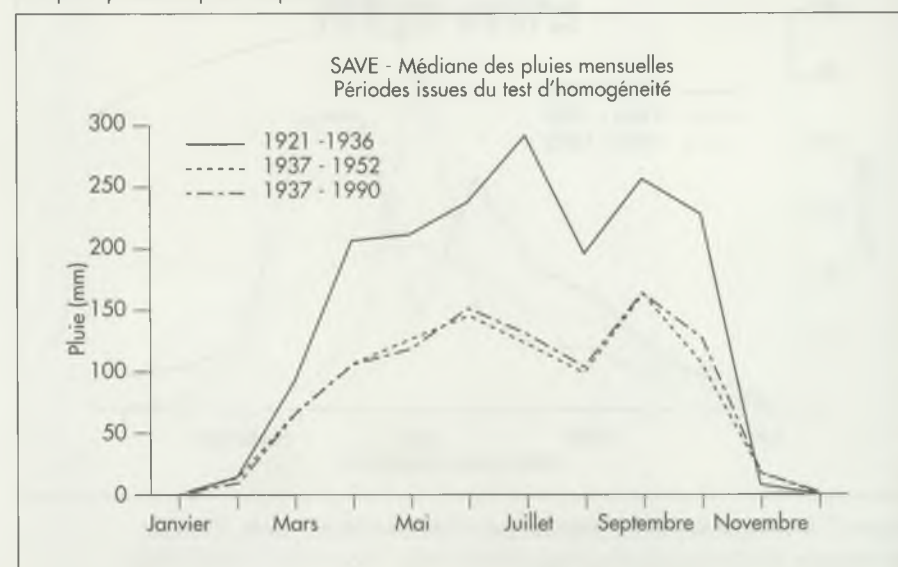
Les critères retenus pour caler les dates de début et de fin de récolte sont les suivants : pour le début de

récolte, il ne faut pas qu'une pluie décadaire de plus de 20 mm soit enregistrée, afin d'obtenir une maturation satisfaisante, et la fin de récolte doit se situer avant le démarrage habituel des pluies afin d'éviter le redémarrage de la végétation. Cette condition doit être compatible avec la maturation de la canne, avant récolte, et bien sûr aussi avec l'accessibilité des parcelles aux engins de récolte. La récolte pourra débuter en année médiane le 20 octobre et seulement le 10 novembre en année quinquennale humide. Elle s'achèvera respectivement le 31 mars ou le 28 février.

Bilan hydrique

L'indice de satisfaction hydrique de la canne à sucre est représenté par le rapport de l'évapotranspiration réelle

Figure 3. Etude de cas au Bénin. Confirmation d'un défaut d'homogénéité dans le relevé des précipitations pour la période de 1921 à 1936.



R. BARAN

Cirad-ca, avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5, France
richard.baran@cirad.fr

C. BARON

Cirad-amis, avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5, France

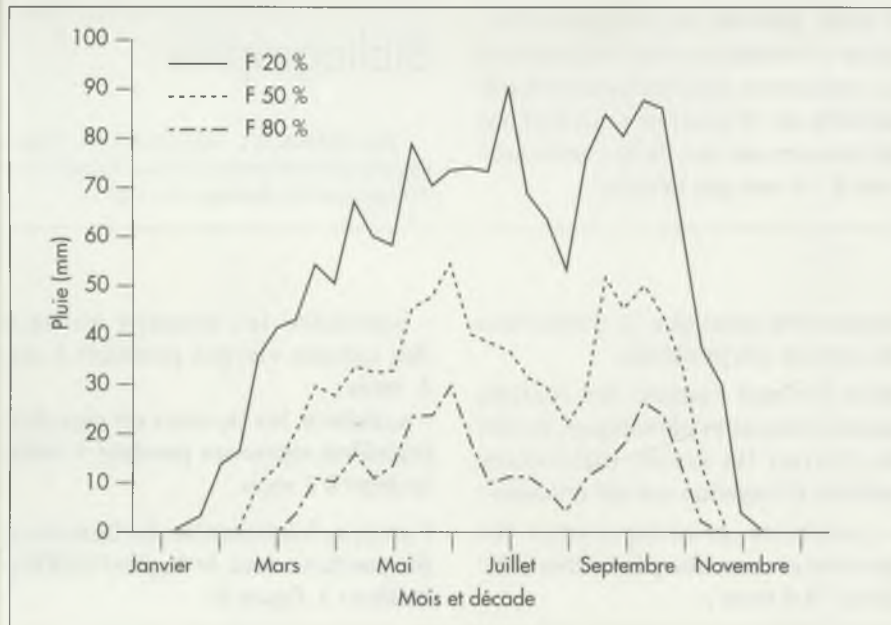


Figure 4. Etude de cas au Bénin. Analyse fréquentielle de la pluviométrie décadaire de Savé (Bénin). F 80 % traduit une fréquence de dépassement de 80 % (année quinquennale sèche).

(Etr) à l'évaporation maximale de la plante (Etm). Les valeurs décadaires de ce ratio aux fréquences de dépassement 80 % (4 années sur 5), 50 % (1 année sur 2) et 20 % (1 année sur 5) ont été calculées pour plusieurs dates de récolte à pas de temps d'un mois pour un cycle de 12 mois. Les coefficients culturaux sont ceux de la Fao (DOORENBOS et KASSAM, 1980).

Ce bilan hydrique prend en compte le ruissellement et le drainage. Le ruissellement (méthode Ird avec option « ruissellement faible ») varie peu selon le positionnement du cycle dans l'année. Il s'approcherait de 70, 105 et 130 mm respectivement en années quinquennale sèche, médiane et humide.

Le bilan annuel a été calculé avec une réserve en eau du sol (RU) de 35 mm, la plus fréquemment représentée (tableau 1). Le drainage est important, variant du simple au double selon les probabilités d'occurrence retenues. Toute technique permettant d'augmenter la quantité d'eau exploitable par la plante, du fait par exemple d'une plus grande profondeur d'enracinement, diminuera le volume d'eau perdue, qu'elle vienne des pluies ou

des irrigations. Ainsi, avec une réserve utile de 50 mm, en février, le drainage passerait à 185, 302 et 378 mm aux mêmes fréquences ; au lieu de 225, 344 et 322 mm pour une réserve utile de 35 mm.

On observe pour l'indice de satisfaction hydrique, Etr / Etm, une

faible variation de son estimation selon le calage du cycle entre novembre et février. Cela entraîne une faible évolution des potentiels de production tout au long de la campagne.

Les besoins en eau d'irrigation

Du fait de nombreuses contraintes dans la mise en œuvre des arrosages sur un grand périmètre de production, la satisfaction de l'alimentation hydrique d'une culture à 100 % de l'Etm n'est jamais acquise. Cela ne doit de toute façon pas être un objectif car il conduit à un drainage maximum lié aux pluies qui suivent les arrosages.

Aussi, les besoins en eau d'irrigation ont-ils été calculés avec un objectif fixé à 90 % de l'Etm. Le tableau 2 donne les quantités d'eau d'arrosage nécessaires, nettes, à la plante, pour trois dates de récolte, pour une réserve en eau du sol de 35 mm et aux trois fréquences précédentes.

Par ailleurs, l'examen des données pluviométriques montre que

Tableau 1. Etude de cas au Bénin. Bilan hydrique, à 5 dates de calage du cycle, pour une réserve en eau du sol de 35 mm et trois fréquences de relevé (4 années sur 5, 1 année sur 2, 1 année sur 5) pour les 44 années observées.

Critère	Probabilité	Mois de début du cycle annuel				
		novembre	décembre	janvier	février	mars
Drainage (mm)	4/5	182	177	205	225	243
	1/2	299	290	326	344	346
	1/5	408	402	414	422	479
Etr/Etm (%)	4/5	52	51	51	49	45
	1/2	57	56	54	52	50
	1/5	62	61	59	55	52

Tableau 2. Etude de cas au Bénin. Besoins en eau d'irrigation à mettre à la disposition de la plante (mm).

Probabilité	Mois de début du cycle annuel		
	novembre	janvier	mars
4 années sur 5	467	479	552
1 année sur 2	401	434	498
1 année sur 5	338	378	460



l'exploitant doit envisager l'irrigation des champs de canne à sucre au cours de la « saison des pluies ». En effet, l'analyse par décade (figure 4) montre qu'une année sur deux à la fin de juillet et durant tout le mois

d'août, période où les autres facteurs climatiques sont favorables à la croissance, les précipitations par période de 10 jours ne couvrent pas les besoins en eau de la canne estimés à 34 mm par décade.

Bibliographie

DOORENBOS J., KASSAM A.H., 1980. Réponse des rendements à l'eau. Bulletin Fao d'irrigation et de drainage 33 : 1-235.

Etude de cas n° 2 Le projet d'un système d'irrigation de complément à Subang, Indonésie

Les données climatiques et le cycle de la canne à sucre

Le cumul moyen annuel de E_0 (évapotranspiration potentielle de référence) est de 1 942 mm alors que la pluviométrie moyenne annuelle est de 1 600 mm. La répartition des précipitations entre novembre et avril impose le calage de cycle plantation-repousse à partir de juin, mais montre aussi que l'irrigation peut apporter une amélioration sensible à la croissance de la canne. Le *boom-stage* coïncide avec le début de la saison des pluies ; il suffit que celle-ci soit un peu retardée ou moins

importante pour que la production de cannes soit pénalisée.

Afin de tenir compte des réalités agronomiques et climatiques et afin de limiter les coûts, différentes options d'irrigation ont été étudiées :

- satisfaire prioritairement les besoins en eau des pépinières pendant 7 à 8 mois ;

- satisfaire les besoins en eau des cannes vierges pendant 3 ou 4 mois ;

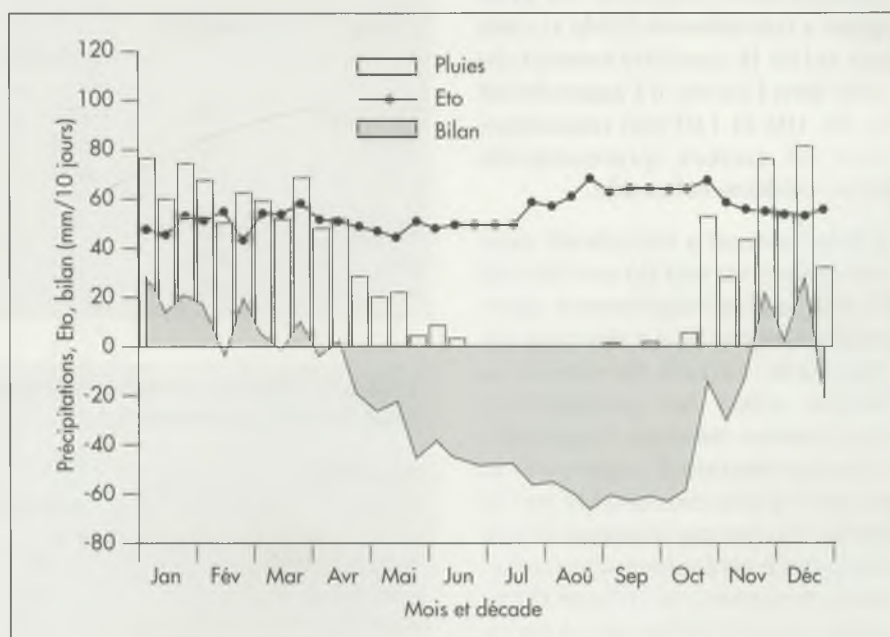
- satisfaire les besoins en eau des premières repousses pendant 1 mois et demi à 2 mois.

L'analyse fréquentielle des besoins a été conduite avec le logiciel SARRA (tableau 3, figure 5).

Tableau 3. Etude de cas en Indonésie. Résultats de l'analyse menée pour Subang (Java).

Fréquence (années)	1 / 5	1 / 2	4 / 5
Taux de satisfaction des besoins en eau de la canne pluviale (%)	68	56	43
Besoins nets en irrigation de complément (mm)	460	605	803
Débit d'équipement permettant de satisfaire pleinement les besoins (litre/seconde · hectare)	0,9	1,1	1,2

Figure 5. Etude de cas en Indonésie. Bilan climatique du site de Subang.



B. MULLER

Cirad-ca, Agribusiness/P2sula Project,
Pusat Penelitian Tanah Dan Agroklimat,
Jl. Ir. H. Junda n° 98, 16123 Bogor, Indonésie
bertrand.muller@cirad.fr

F. MARAUX

Cirad-amis, avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5, France

Sont présentés ici les étapes et résultats d'une étude réalisée par le Cirad pour un consortium de l'Etat indonésien (Rajawali Nusantara Indonesia, RNI), qui devait évaluer l'intérêt du développement de l'irrigation en vue d'augmenter la production du complexe sucrier de Subang (MULLER *et al.*, 1998). Ce périmètre de 5 500 ha est localisé à l'ouest de Java sur la plaine côtière nord à 20-50 m d'altitude.

Pour le calcul du débit d'équipement, la pluie à venir (en termes de probabilité) est insérée dans le bilan hydrique, de même qu'est définie une pratique qui vise à minimiser la percolation. La pluie attendue 8 années sur 10 au cours de la période entre deux arrosages est appelée pluie efficace pour l'irrigation. L'arrosage est déclenché dès que le déficit de la réserve utile diminué de la pluie efficace est égal à la dose minimale que l'équipement peut apporter, 18 mm dans ce cas. Cette stratégie d'anticipation des irrigations a deux effets positifs :

- elle minimise les pertes par percolation, puisque l'irrigation ne vise pas à remettre la profondeur exploitée par les racines à la capacité au champ ;

- elle permet de réduire le débit d'équipement, puisque l'évolution hydrique des parcelles n'est plus synchrone.

Les résultats escomptés

Avec un apport en eau d'irrigation de 250 mm, l'indice de satisfaction hydrique d'une canne vierge passerait une année sur deux à 73 % (gain de 17 % par rapport à la canne pluviale) et une année sur cinq à 59 % (gain de 16 %). Pour 1 mètre cube d'eau apporté à la culture, le gain de rendement induit serait en moyenne (vierge et repousse) de 6 à 13 kg/ha, les plus forts gains étant associés à la plus forte intensification (fertilisation, maîtrise de la culture). Ceci correspond à une efficience de l'eau

d'irrigation comprise entre 8 et 17 mm / tonne de canne.

Conclusion

L'étude a permis de présenter aux responsables du complexe sucrier tous les éléments techniques et les principaux éléments économiques nécessaires à une prise de décision. Cependant, dans le contexte local, les coûts restaient trop élevés en raison de l'absence d'un simple accès à la ressource en eau et de la priorité donnée à l'irrigation des rizières.

Bibliographie

MULLER B., LIDON B., MARAUX F. 1998. Etude pragmatique et synthétique d'un projet. In *Traité d'irrigation*, J.R. TIERCELIN coordonnateur, Lavoisier éditeur, p. 232-249.

Etude de cas n° 3 Le calage du cycle de culture à Quang Ngai, Vietnam

A Quang Ngai (15° de latitude nord, 109° de longitude est), la canne est cultivée sur plus de 10 000 ha par plus de 100 000 planteurs. Les rendements moyens sont faibles, oscillant entre 40 et 55 tonnes de cannes par ha selon les années, mais peuvent atteindre un niveau élevé (supérieur à 100 tonnes de cannes par ha) en certaines situations. La qualité moyenne des cannes, exprimée en *Commercial Cane Sugar* (CSS) est globalement peu élevée et varie selon les dates de récolte entre 8-9 % en début de récolte en décembre et 11 % au maximum de richesse

en mai. Comme cela va être développé plus loin, le succès de la culture de la canne dépend du calage de son cycle.

Les données climatiques

Les données climatiques enregistrées par la station météorologique de la ville de Quang Ngai font apparaître :

- une pluviométrie annuelle variant de 1 500 à 2 800 mm ;
- une saison sèche très marquée de janvier à juillet ;
- une saison des pluies présentant de fortes variations interannuelles, avec trois mois particulièrement arrosés de septembre à novembre (passage de typhons) ;
- une période fraîche de novembre à mars.

Tests pour le calage du cycle de la canne

D'après les données climatiques, le calage recommandé pour le cycle de la canne est le suivant : la campagne de coupe doit se situer dans le premier semestre de l'année. Trois dates de coupe (1^{er} janvier, 1^{er} avril et 1^{er}

juillet) ont été retenues pour l'analyse fréquentielle du bilan hydrique. La figure 6 représente l'évolution de l'indice de satisfaction hydrique obtenu en année médiane et pour une RU de 100 mm. Elle montre que :

- pour les repousses du 1^{er} janvier, un manque d'eau se manifeste au cours de la phase de pleine croissance, leur maturation sera mauvaise car il sera impossible de limiter la consommation en eau avant la récolte ;
- pour les repousses du 1^{er} avril et du 1^{er} juillet, les conditions de croissance seront meilleures.

Toutefois, il faut aussi tenir compte du rayonnement (figure 7) à la base de la photosynthèse. Les cannes ayant débuté leur repousse au 1^{er} juillet vont se retrouver en phase de pleine croissance au cours d'une phase de plus faible ensoleillement (creux marqué de la courbe d'ensoleillement). La couverture nuageuse importante de novembre à février ainsi qu'une légère baisse de température vont pénaliser le rendement alors que la richesse en sucre de ces cannes sera bonne à la récolte.

P. LANGELLIER-BELLEVUE

Complexe sucrier de Ferké 2, Sucraf-CI,
BP 731, Korhogo, Côte d'Ivoire
pierre.langellier_bellevue@cirad.fr